

TRAPEZOID SIGNAL GENERATING CIRCUIT

CROSS REFERENCE TO RELATED APPLICATION

この出願は、2003年3月28日に出願された日本出願番号2003-90967に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

FIELD OF THE INVENTION

本発明は、コンデンサへの充放電電流を制御することによって台形波信号を生成する台形波信号発生回路に関する。

BACKGROUND OF THE INVENTION

矩形波信号のレベルが変化した時、その急峻な立ち上がり部分と立ち下がり部分に含まれる高調波成分によってノイズが発生する。例えば、レベルが頻繁に変化する方形波信号を車載電子機器に用いるとラジオノイズが発生する。こうしたノイズを低減するためには、方形波信号に替えて台形波信号を用いることが有効である。

JP-A-52-112263には、台形波信号の上り傾斜と下り傾斜のうちの一方の傾斜を途中で折り曲げ、この折れ曲り点の前後の傾斜のうち急峻な方の傾斜を折り曲げない方の傾斜よりも急峻にし、緩やかな方の傾斜を折り曲げない他方の傾斜よりも緩やかにする波形成形回路が開示されている。具体的には、この回路はコンデンサを備え、その両端電圧に応じてコンデンサの充放電電流を段階的に変化させる。

図6は、台形波信号発生回路の一例を示しており、図7は、その台形波信号発生回路1の動作波形を示している。入力信号 S_{in} が高レベルHになると、インバータ5を介してスイッチ6がオフする。コンデンサ2は定電流回路3の出力電流 I_1 によって充電され、バッファ7を介して出力される出力電圧 V_o は一定レベルになるまで直線的に増加する。また、入力信号 S_{in} が低レベルLになると、スイッチ6がオンし、コンデンサ2は定電流回路4の出力電流と定電流回路3の出力電流との差電流 I_1 によって放電され、出力電圧 V_o はゼロまで直線的に減少する。

このようにして得られた電圧 V_o （台形波信号）は、立ち上がり部分および立ち下がり部分の肩の部分（増減開始部分または増減終了部分）で傾きがステップ的に変化するため、高調波成分を十分に低減できない。このため、上記従来技術のように、充放電電流を段階的に変化させて肩の部分での傾きの変化を低減することが提案されている。しかし、コンデンサ2の両端電圧に応じて充放電電流を段階的に変化させる方法では、その段階数に応じた数の比較手段が必要となり、波形を滑らかにするほど回路規模が増大する。

SUMMARY OF THE INVENTION

本発明の目的は、回路規模を極力小さく抑えつつ滑らかに変化する台形波信号を生成する台形波信号発生回路を提供することにある。

本発明によれば、コンデンサの充電、放電を制御する第1および第2電流出力回路を有する。第2の電流出力回路の放電電流は第1の電流出力回路の充電電流よりも大きく設定されている。波形制御信号が第1のレベルにある場合、コンデンサは上記放電電流と充電電流との差電流によって放電される。このときのコンデンサの端子間電圧、すなわち台形波信号、の低下率は、その差電流の大きさに応じて定まる。波形制御信号が第2のレベルにある場合、放電電流の出力が停止する。したがって、コンデンサは、第1の電流出力回路の充電電流によって充電され、このときの台形波信号の上昇率は、その充電電流に応じて定まる。

第1、第2の電流出力回路は、それぞれ指令信号に応じた大きさの充電電流、放電電流を流すように構成されており、電流制御回路は、例えば後述する充放電回路のように連続的な指令信号を出力可能な構成となっている。これにより、波形制御信号が第1のレベルから第2のレベルに変化した時点から充電電流の大きさが連続的に増加し、台形波信号が所定の基準レベルに達した後に連続的に減少する。また、波形制御信号が第2のレベルから第1のレベルに変化した時点から充電電流の大きさと放電電流の大きさが共に連続的に増加し、台形波信号が基準レベルに達した後に連続的に減少する。

台形波信号は充放電電流を積分したものであることから、上記の制御を行うと、台形波信号の肩の部分（増減開始部分または増減終了部分）での傾きの変化が

非常に滑らかになり、台形波信号に含まれる高調波成分を低減することができる。すなわち、コンデンサの端子間電圧に基づく段階的な電流制御とは異なり、電流制御回路で生成される指令信号に基づく連続的な電流制御を行っているので、複数の比較回路を用いる必要がない。このため、回路規模を極力小さく抑えつつ発生するノイズを低減することができる。また、台形波信号と基準電圧との比較に基づいて充放電電流の増加から減少に転じる時点を制御しているので、立ち上がり後および立ち下がり後のコンデンサの端子間電圧を制御できる。

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

- 図 1 は本発明の第 1 の実施形態を示す台形波信号発生回路の電気回路図；
図 2 は第 1 実施形態における各部の信号波形を示す波形図；
図 3 は本発明の第 2 の実施形態を示す台形波信号発生回路の電気回路図；
図 4 は第 2 実施形態における各部の信号波形を示す波形図；
図 5 は第 2 実施形態において入力信号が異なる場合の各部の信号波形を示す波形図；
図 6 は従来技術になる台形波信号発生回路の電気回路図；かつ
図 7 は従来技術の各部の信号波形を示す波形図である。

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENT

（第 1 の実施形態）

図 1 に示す台形波信号発生回路 11 は、車両のドア、ミラー、ルーフ、シート、ワイパ、メータ、空調装置などボディ系の制御を行うための ECU (Electronic Control Unit) に用いられる制御用 IC（半導体集積回路装置）に内蔵されている。この制御用 IC には、本回路の他に CPU、メモリなど各種機能を持ったディジタル回路および各種機能を持ったアナログ回路が内蔵されている。

制御用 IC は、複数のスイッチからそのオンオフ状態を入力する機能を備えている。図示しないが、各スイッチの一端子側はそれぞれ抵抗を介して共通に接続されており、各スイッチの他端子側はそれぞれグランドに接続されている。上記共通接続端子には、台形波信号発生回路 11 から出力される台形波信号が周期的

に印加され、それに合わせてCPUが入力ポートを介して各スイッチの一端子側の電圧レベルを入力するようになっている。このようにスイッチに対し間欠的に台形波信号を与えるのは、消費電流とラジオノイズを低減するためである。

この台形波信号発生回路11は、充放電回路12と電流制御回路13とから構成されており、電源線14、15を介して電源電圧 V_{cc} が供給されることにより動作するようになっている。台形波信号は、コンデンサ16の両端子間の電圧 V_o として生成され、この電圧 V_o は、バッファ17を介して出力される。

電源線14とコンデンサ16の一端子との間には電流出力回路18（第1の電流出力回路）が接続されており、コンデンサ16の一端子と電源線15との間すなわちコンデンサ16の両端子間には、トランジスタにより構成されるスイッチ19と電流出力回路20とからなる直列回路21（第2の電流出力回路）が接続されている。電流出力回路18、20は、それぞれコンデンサ16に対し充電電流、放電電流を流すもので、電流出力回路20は、電流出力回路18の2倍（ $K=2$ ）の電流を出力するようになっている。

電流出力回路18、20は、上記2倍の関係を保ったまま、それぞれに入力される制御信号に応じて出力電流が変化するようになっている。 V/I 変換回路22は、電流制御回路13から出力された電圧 V_1 （指令信号）を入力し、その電圧に応じた制御信号を電流出力回路18、20に与えるようになっている。

また、上記スイッチ19は、インバータ23を介して与えられる入力信号 S_{in} （波形制御信号）によりオンオフ状態が切り替えられるようになっている。すなわち、スイッチ19は、入力信号 S_{in} がLレベル（第1のレベル）の場合にオンとなり、入力信号 S_{in} がHレベル（第2のレベル）の場合にオフとなる。

一方、電流制御回路13は、充放電回路24、コンパレータ25および排他的論理和ゲート26から構成されている。充放電回路24は、上述した充放電回路12と同様に、コンデンサ27（指令信号用コンデンサ）、電源線14とコンデンサ27の一端子との間に接続された電流出力回路28、コンデンサ27の両端子間に直列に接続されたスイッチ29と電流出力回路30および V/I 変換回路31から構成されている。充放電回路24のうちコンデンサ27を除いた回路部分が、充放電制御回路をなす。

コンパレータ 25 は、電源電圧 V_{cc} の $1/2$ の大きさを持つ基準電圧 V_a と電圧 V_o とを比較するもので、電圧 V_o が基準電圧 V_a よりも高いときに L レベルとなり低いときに H レベルとなる信号 S_a を出力するようになっている。また、ゲート 26 は、入力信号 S_{in} と信号 S_a との排他的論理和である信号 S_b を出力するようになっている。スイッチ 29 は、信号 S_b が L レベルの場合にオフとなり、信号 S_b が H レベルの場合にオンとなる。

次に、台形波信号発生回路 11 の動作について、図 2 に示す入力信号 S_{in} 、コンパレータ 25 の出力信号 S_a 、ゲート 26 の出力信号 S_b 、入力電圧 V_{in} 、電流制御回路 13 の出力電圧 V_1 、コンデンサ 27 に流れ込む電流 I_2 、コンデンサ 16 に流れ込む電流 I_1 、台形波信号発生回路 11 の出力電圧 V_o を参照して説明する。入力電圧 V_{in} は一定であり、入力信号 S_{in} は、一定の周期と一定の H レベル幅とを持つ周期的なパルス波形である。図 2 では表示の都合上周期を縮めて表しているが、実際の入力信号 S_{in} は数十 ms の周期と数百 μs の H レベル幅とを有している。

台形波信号である電圧 V_o の立ち上がり部分および立ち下がり部分での高調波成分を低減するためには、電圧 V_o の増減開始部分（図 2 の A 部と C 部）および増減終了部分（図 2 の B 部と D 部）における電圧変化率（傾き）を徐々に変化させることが有効となる。そこで、これら電圧 V_o の増減開始部分と増減終了部分（肩の部分）を、1 次関数（直線）ではなく 2 次関数（曲線）に従って連続的に且つ滑らかに変化させるようにしている。

コンデンサ 16 の端子間電圧 V_o がコンデンサ 16 に流れ込む電流 I_1 を積分したものであることに着目すれば、電流 I_1 の大きさは、図 2 に示すように入力信号 S_{in} が L レベルから H レベルに変化した時点から 1 次関数に従って増加し、その後 1 次関数に従って減少するように制御すればよい。そのためには、 V/I 変換回路 22 と電流出力回路 18、20 とからなる部分の電圧-電流入出力特性がリニアである場合、指令信号である電圧 V_1 も、図 2 に示すように入力信号 S_{in} が変化した時点から 1 次関数に従って増加し、その後 1 次関数に従って減少する電圧とすればよい。

より詳細には、図 2 に示す時刻 t_1 において、電圧 V_o はほぼ $0V$ にまで低下

しており基準電圧 V_a よりも低いため、コンパレータ25の出力信号 S_a はHレベルとなっている。入力信号 S_{in} がLレベルからHレベルに変化すると、スイッチ19がオフになり、ゲート26の出力信号 S_b がLレベルになることからスイッチ29もオフになる。これにより、コンデンサ27には電流出力回路28から正の一定の電流 I_2 が流れ込み、コンデンサ27の端子間電圧 V_1 は0Vから直線的に上昇する。それに伴って、コンデンサ16には電流出力回路18から直線的に上昇する電流 I_1 が流れ込み、上述したように電圧 V_o は2次関数に従って徐々に傾きを増加させながら上昇する。

時刻 t_2 において電圧 V_o が基準電圧 V_a を超えると、信号 S_a がHレベルからLレベルへと変化し、信号 S_b がLレベルからHレベルへと変化する。これにより、スイッチ29がオンとなってコンデンサ27に負の一定電流 I_2 が流れ、コンデンサ27の端子間電圧 V_1 は直線的に低下する。それに伴って、コンデンサ16には電流出力回路18から直線的に低下する電流 I_1 (> 0) が流れ込み、電圧 V_o は2次関数に従って徐々に傾きを減少させながら上昇する。そして、時刻 t_3 において電圧 V_1 が0になると、電圧 V_o は上昇を停止する。

このときの電圧 V_o は、電流出力回路20と電流出力回路18との出力電流比および電流出力回路30と電流出力回路28との出力電流比が2倍に設定されており、基準電圧 V_a が $V_{cc}/2$ に設定されていることから電源電圧 V_{cc} にほぼ等しくなる。また、時刻 t_1 から t_2 までの電圧 V_o の波形と時刻 t_2 から t_3 までの電圧 V_o の波形とは対称的な波形となる。以上の動作は、電圧 V_o の立ち下がり部分である時刻 t_4 から t_6 までの期間においても同様となる。

制御用ICは、この台形波信号発生回路11を用いて台形波状の電圧 V_o を周期的に出力し、この電圧 V_o が電源電圧 V_{cc} にほぼ等しくなった期間（時刻 t_3 から t_4 までの期間）において、各スイッチのオンオフ状態を順にまたは一斉に検出することができる。

以上説明したように、本実施形態によれば、充放電回路12の電流出力回路18、20は、それぞれ電流制御回路13から出力される電圧 V_1 に応じた大きさの充電電流、放電電流を流すように構成されている。その電流制御回路13は、1段構成の充放電回路24により、入力信号 S_{in} のレベルが変化した時点から1

次関数に従って増減する電圧 V_1 を出力するようになっている。これにより、コンデンサ16に流れ込む電流 I_1 も1次関数に従って増減し、コンデンサ16の端子間電圧 V_o （台形波信号）は、2次関数に従って増減するようになる。その結果、特に台形波信号の肩の部分での傾きが徐々に変化するようになり、台形波信号に含まれる高調波成分が低減し、ラジオや他の車載電子機器に与えるノイズを低減することができる。

この台形波信号発生回路11は、コンデンサ16の端子間電圧 V_o に基づく段階的な電流制御とは異なり、電流制御回路13で生成される電圧 V_1 （指令信号）に基づく連続的な電流制御を行っているので、複数のコンパレータを用いることなく滑らかな台形波信号を得ることができ、回路規模を極力小さく抑えてICのコストを低減することができる。

また、電流制御回路13は、単一のコンパレータ25を用いて電圧 V_o と基準電圧 V_a とを比較し、電圧 V_o が基準電圧 V_a に達した時点で電圧 V_1 の大きさを増加から減少に転じるように制御する。そのため、結果的に台形波信号としての立ち上がり後および立ち下がり後の電圧 V_o の値を正確に制御することができる。

（第2の実施形態）

図3は、台形波信号発生回路の構成を示すもので、図1と同一構成部分には同一符号を付して示している。この台形波信号発生回路32は、図1に示す台形波信号発生回路11に対し、電流制御回路33を縦続接続された2段の充放電回路24、34から構成した点が異なっている。

2段目の充放電回路34は、1段目の充放電回路24と同様に、コンデンサ35（指令信号用コンデンサ）、電源線14とコンデンサ35の一端子との間に接続された電流出力回路36、コンデンサ35の両端子間に直列に接続されたスイッチ37と電流出力回路38および V/I 変換回路39から構成されている。スイッチ37は、スイッチ29と同様に信号 S_b によりオンオフ制御されるようになっており、電流出力回路38は、電流出力回路36の2倍の電流を出力するようになっている。充放電回路34のうちコンデンサ35を除いた回路部分が充放電制御回路に相当する。この充放電回路34は、充放電回路24からの電圧 V_1

を入力とし、充放電回路 1 2 に対し電圧 V_2 （指令信号）を出力するようになっている。

図 4 は、デューティ比 50% の入力信号 S_{in} 、コンパレータ 2 5 の出力信号 S_a 、ゲート 2 6 の出力信号 S_b 、入力電圧 V_{in} 、1 段目の充放電回路 2 4 の出力電圧 V_1 、2 段目の充放電回路 3 4（電流制御回路 3 3）の出力電圧 V_2 、コンデンサ 2 7 に流れ込む電流 I_2 、コンデンサ 3 5 に流れ込む電流 I_3 、コンデンサ 1 6 に流れ込む電流 I_1 、台形波信号発生回路 1 1 の出力電圧 V_o を表している。

この図 4 において、電流制御回路 3 3 の 1 段目の充放電回路 2 4 が出力する電圧 V_1 は、図 2 に示す電圧 V_1 と同じである。信号 S_b が L レベルにある時刻 t_1 から t_2 までの期間、コンデンサ 3 5 に電流出力回路 3 6 から直線的に上昇する電流 I_3 が流れ込み、電圧 V_2 は 2 次関数に従って上昇する。それに伴って、コンデンサ 1 6 には電流出力回路 1 8 から上記 2 次関数に従って上昇する電流 I_1 が流れ込み、電圧 V_o は 3 次関数に従って徐々に傾きを増加させながら上昇する。

信号 S_b が H レベルにある時刻 t_2 から t_3 までの期間、コンデンサ 3 5 にはその大きさが直線的に低下する負の電流 I_3 が流れ、コンデンサ 3 5 の端子間電圧 V_2 は 2 次関数に従って低下する。それに伴って、コンデンサ 1 6 には電流出力回路 1 8、2 0 により上記 2 次関数に従って低下する電流 I_1 (> 0) が流れ込み、電圧 V_o は 3 次関数に従って徐々に傾きを減少させながら上昇する。そして、時刻 t_3 において電圧 V_2 が 0 になると、電圧 V_o は上昇を停止する。以上の動作は、電圧 V_o の立ち下がり部分である時刻 t_4 から t_6 においても同様となる。

なお、入力信号 S_{in} のデューティ比が数%程度の場合には、各部の信号は第 5 図のごとく $t_3 - t_4$ 期間の短い台形波信号 V_o となる。

このように、電流制御回路 3 3 を 2 段の充放電回路 2 4、3 4 から構成すると、充放電回路 1 2 に対する指令信号である電圧 V_2 が 2 次関数に従って変化するようになり、台形波信号である電圧 V_o は 3 次関数に従って増減するようになる。その結果、台形波信号の肩の部分での傾きが一層緩やかに変化するようになり

、台形波信号に含まれる高調波成分を一層低減することができる。

（その他の実施形態）

なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、例えば以下のように変形可能である。

第１の実施形態において、指令信号である電圧 V_1 が $0V$ まで低下しないように若干のオフセット電圧を与えるとよい。このようにすれば、入力信号 S_{in} が L レベルの期間、コンデンサ 16 を放電させるためのオフセット電流が流れ続け、コンデンサ 16 の端子間電圧 V_o を確実に $0V$ まで低下させることができる。また、入力信号 S_{in} が H レベルの期間、コンデンサ 16 を充電させるためのオフセット電流が流れ続け、コンデンサ 16 の端子間電圧 V_o を確実に電源電圧 V_{cc} まで上昇させることができる。従って、コンデンサ 16 への充放電が繰り返された場合でもコンデンサ 16 の端子間にオフセット電圧が生じることを防止できる。第２の実施形態でも同様に、電圧 V_2 が $0V$ まで低下しないように若干のオフセット電圧を与えるとよい。

電流制御回路 13 、 33 は、縦続接続された３段以上の充放電回路から構成してもよく、また、充放電回路とは異なる回路構成にしてもよい。

電流出力回路 20 と電流出力回路 18 の出力電流比は 2 に限られない。一般に、電流出力回路 20 は、電流出力回路 18 の K 倍（ $K > 1$ ）の電流を出力するものであればよい。この関係は、電流出力回路 28 と電流出力回路 30 、および電流出力回路 36 と電流出力回路 38 についても同様である。

基準電圧 V_a は、電源電圧 V_{cc} の $1/2$ の大きさに限られない。

WHAT IS CLAIMED IS:

1. コンデンサと、

このコンデンサに対し、指令された大きさを持つ充電電流を流す第1の電流出力回路と、

波形制御信号が第1のレベルにある場合に前記コンデンサから前記充電電流の K 倍($K > 1$)の大きさを持つ指令された大きさの放電電流を流し、前記波形制御信号が第2のレベルにある場合に前記放電電流の出力を停止する第2の電流出力回路と、

前記波形制御信号が第1のレベルから第2のレベルに変化した時点から前記充電電流の大きさが連続的に増加し、前記台形波信号が所定の基準レベルに達した後に連続的に減少するように前記第1の電流出力回路に対し指令信号を与え、前記波形制御信号が第2のレベルから第1のレベルに変化した時点から前記充電電流の大きさと前記放電電流の大きさが共に連続的に増加し、前記台形波信号が前記基準レベルに達した後に連続的に減少するように前記第1および第2の電流出力回路に対し指令信号を与える電流制御回路とを備えて構成されていることを特徴とする台形波信号発生回路。

2. 前記電流制御回路は、前記波形制御信号のレベルが変化した時点から、前記充電電流および前記放電電流の大きさが時間の経過とともに1次関数に従って増減するような指令信号を生成することを特徴とする請求項1記載の台形波信号発生回路。

3. 前記電流制御回路は、前記波形制御信号のレベルが変化した時点から、前記充電電流および前記放電電流の大きさが時間の経過とともに2次関数に従って増減するような指令信号を生成することを特徴とする請求項1記載の台形波信号発生回路。

4. 前記基準レベルは電源電圧の $1/2$ のレベルに設定されており、前記電流制御回路は、前記充電電流および前記放電電流についてその増加時の変化率と減

少時の変化率とが等しくなるような指令信号を生成することを特徴とする請求項 1 に記載の台形波信号発生回路。

5. 前記電流制御回路は、前記波形制御信号が第 1 のレベルにある期間前記放電電流として所定のオフセット電流を流し続けることを可能とし、前記波形制御信号が第 2 のレベルにある期間前記充電電流として所定のオフセット電流を流し続けることを可能とする指令信号を生成することを特徴とする請求項 1 に記載の台形波信号発生回路。

6. 前記第 1 および第 2 の電流出力回路は、入力された指令電圧に応じた電流を出力するように構成され、

前記電流制御回路は、縦続接続された 1 段以上の充放電回路を有し、その最終段の充放電回路から前記指令電圧を出力するように構成され、

前記充放電回路は、両端子間から電圧が出力される指令信号用コンデンサと、前記波形制御信号のレベルが変化した時点から入力電圧に応じた電流で前記指令信号用コンデンサを充電し、前記台形波信号が前記基準レベルに達した後に入力電圧に応じた電流で前記指令信号用コンデンサを放電する充放電制御回路とから構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の台形波信号発生回路。

7. 前記電流制御回路は、1 段の充放電回路から構成されており、その充放電回路に一定の電圧が入力されるようになっていることを特徴とする請求項 6 に記載の台形波信号発生回路。

8. 前記電流制御回路は、2 段の充放電回路から構成されており、その 1 段目の充放電回路に一定の電圧が入力されるようになっていることを特徴とする請求項 6 に記載の台形波信号発生回路。

ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

台形波信号発生回路はコンデンサの充放電回路を有し、立ち上がり、立下り変化の少ない台形波信号を発生する。電流出力回路は、それぞれ電流制御回路から出力される電圧に応じた大きさの充電電流、放電電流を流す。電流制御回路は、充放電回路と同様の充放電回路を備えており、その出力電圧は、入力信号のレベルが変化した時点から電圧が基準電圧に達するまでの期間1次関数に従って増加し、その後1次関数に従って減少する。コンデンサに流れ込む電流も1次関数に従って増減し、コンデンサの端子間電圧は2次関数に従って増減する。